

Статья поступила в редакцию 22.12.2015,  
доработана 14.06.2016

DOI 10.20915/2077-1177-2016-0-2-36-43  
УДК: 543.08

# РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКТА СТАНДАРТНЫХ ОБРАЗЦОВ ОТКРЫТОЙ ПОРИСТОСТИ ТВЕРДЫХ ВЕЩЕСТВ, МАТЕРИАЛОВ (ИМИТАТОР)

Собина Е.П.

*В статье представлены результаты исследований по разработке комплекта стандартных образцов открытой пористости твердых веществ, материалов (имитатор) (комплект ОПТВ СО УНИИМ) ГСО 10583–2015. Аттестованные значения открытой пористости металлических цилиндров определены методом гидростатического взвешивания до и после высверливания в них отверстий.*

*Стандартные образцы предназначены для калибровки и поверки средств измерений открытой пористости твердых веществ, основанные на законе Бойля – Мариотта.*

**Ключевые слова:** открытая пористость, стандартный образец, гидростатическое взвешивание.

✓ **Ссылка при цитировании:** Собина Е.П. Исследование структуры и разработка комплекта стандартных образцов структуры и разработка комплекта стандартных образцов открытой пористости твердых веществ, материалов (имитаторов) // Стандартные образцы. 2016. № 2. С. 36–43. DOI 10.20915/2077-1177-2016-0-2-36-43.

## Автор:

**СОБИНА Е.П.**

Старший научный сотрудник лаборатории  
метрологического обеспечения наноиндустрии,  
спектральных методов анализа и стандартных  
образцов ФГУП «УНИИМ», канд. хим. наук  
Российская Федерация, 620000,  
г. Екатеринбург, ул. Красноармейская, 4  
Тел./факс: 8 (343) 217-29-25  
E-mail: sobina\_egor@uniim.ru

Широкое внедрение автоматизированных средств измерений в науку, технику, производство, обеспечение качества контроля горных пород должно быть подкреплено развитием методов и средств метрологического обеспечения. Важным параметром горных пород является их открытая пористость. В настоящее время для измерений открытой пористости все чаще используются приборы, в которых измерения выполняются с помо-

щью инертных газов (чаще азот или гелий) на основе закона Бойля – Мариотта. Для создания системы их метрологического обеспечения ФГУП «УНИИМ» было принято решение разработать комплект стандартных образцов открытой пористости.

Данная работа посвящена созданию комплекта стандартных образцов открытой пористости твердых веществ, материалов.

### Исходный материал СО

Материалом стандартных образцов является нержавеющая сталь марки 12Х18Н10Т по ГОСТ 5632–72. Комплект стандартных образцов включает один цельный цилиндр и пять полых цилиндров, внешним диаметром 30 мм и высотой 30 мм. Работы по изготовлению материала СО были выполнены фирмой ООО «Экогеос-Пром» (г. Тверь) и представлены в ФГУП «УНИИМ» для определения метрологических характеристик.

### Метод и средства измерений, использованные при определении метрологических характеристик СО

Открытая пористость стандартных образцов имитируется отверстиями различного диаметра в металлических цилиндрах. Измерение открытой пористости основано на измерениях объема цилиндра методом гидростатического взвешивания до и после высверливания в нем отверстия. Для выполнения измерений открытой пористости методом гидростатического взвешивания была разработана и аттестована методика измерений № М.251.0040/01.00258/2015 «Методика измерений открытой пористости твердых тел методом гидростатического взвешивания» (свидетельство об аттестации № 251.0040/01.00258/2015). Основные средства измерений и эталоны, которые используются для реализации методики измерений:

- весы лабораторные электронные CPA225D «SARTORIUS» I (специальный) класс точности, Госреестр № 37170-08; наименьший предел взвешивания – 0,001 г; наибольший предел взвешивания – 220 г; дискретность показаний массы – 0,00001 г; границы абсолютной погрешности в диапазоне измерений массы от 0,001 до 50 г при доверительной вероятности  $P = 0,95$  составляют  $\pm 0,0005$  г; границы абсолютной погрешности в диапазоне измерений массы св. 50 г до 200 г при доверительной вероятности  $P = 0,95$  составляют  $\pm 0,0010$  г; границы абсолютной погрешности измерений массы в диапазоне св. 200 г до 220 г при доверительной вероятности  $P = 0,95$  составляют  $\pm 0,0015$  г;

- государственный эталон единицы температуры 3-го разряда в диапазоне от –50 до 500 °С (измеритель температуры прецизионный МИТ 2.05 с выносным термометром сопротивления ПТСВ-3-3). Регистрационный № 3.1.ZZC.0052.2012;

- термогигрометр электронный «CENTER» 313, Госреестр № 22129–09; диапазон измерений температуры от –20 до 60 °С, границы абсолютной погрешности измерений температуры при доверительной вероятности  $P = 0,95$  составляют  $\pm 0,7$  °С; диапазон измерений относительной

влажности – от 10 до 100 %, границы относительной погрешности измерений относительной влажности при доверительной вероятности  $P = 0,95$  составляют  $\pm 2,5$  %;

- государственный эталон единицы давления 1-го разряда в диапазоне значений от 100 до 113300 Па (датчик давления мембранно-емкостной Баратрон 690A13TRA). Регистрационный № 3.1.ZZC.0039.2013.

Метод гидростатического взвешивания основан на измерении массы тела в воздухе и в деионизированной воде (схема установки для реализации метода гидростатического взвешивания представлена на рис. 1). При погружении тела в жидкость его масса уменьшается на величину силы Архимеда, равную массе вытесненной жидкости. Учитывая плотность деионизированной воды, возможно определение объема полностью погруженного тела [8].

Весы устанавливают по уровню на столик. К крюку для подвески прикрепляют леску (рис. 1, поз. 4), к которой, в свою очередь, крепят корзинку (рис. 1, поз. 6). Леска не должна касаться стенок отверстия столика (рис. 1, поз. 3). На столик (рис. 1, поз. 8) устанавливают емкость (рис. 1, поз. 7), в которую заливают деионизированную воду так, чтобы она полностью покрывала корзинку. В емкость помещают термометр сопротивления ПТСВ-3-3 для контроля температуры деионизированной воды. Плотность воды деионизированной при различных

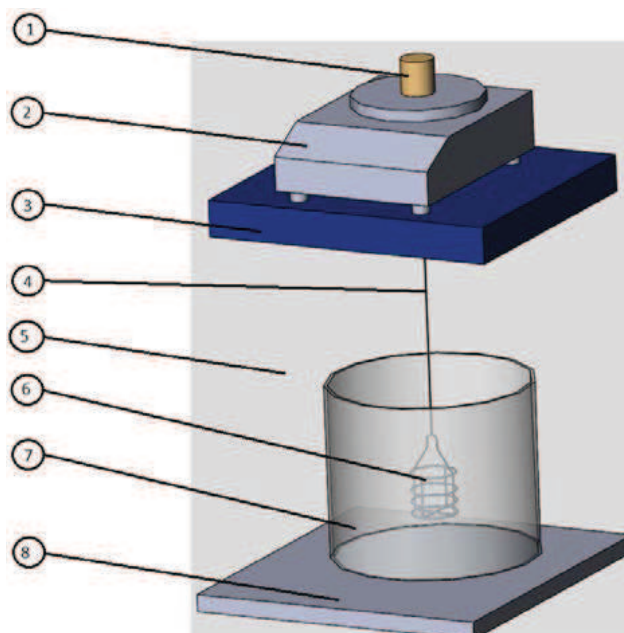


Рис. 1. Общий вид установки для реализации метода гидростатического взвешивания:

1 – измеряемый образец; 2 – весы; 3 – столик для весов; 4 – леска; 5 – стена; 6 – корзинка; 7 – емкость с жидкостью (пластиковая емкость); 8 – столик для емкости

температурах и давлениях вычисляют согласно документу IAPWS 95 [1] (относительная погрешность расчетного значения плотности при атмосферном давлении и температуре от 20 до 100 °C составляет  $\pm 0,0001$  % и является незначимой).

### Порядок выполнения измерений

В рамках эксперимента проведены пять последовательных измерений массы металлического цилиндра в воздухе на установке для гидростатического взвешивания, собранной в соответствии с рис. 1. Для этого осторожно доставали корзинку из емкости с деионизированной водой (не допуская разбрызгивания и потерь деионизированной воды) и помещали туда образец. Корзинку с образцом осторожно погружали в емкость с деионизированной водой. После стабилизации записывали массу металлического образца в деионизированной воде. Измерения массы проводили пять раз. В процессе проведения измерений массы металлических цилиндров контролировали температуру деионизированной воды в сосуде с помощью измерителя температуры прецизионного МИТ 2.05 с выносным термометром сопротивления ПТСВ-3-3 каждые 20 минут. Температура в процессе взвешиваний не варьировалась более чем на 0,20 °C. За результат измерения температуры деионизированной воды принимали среднее значение. Проводили измерения внешних условий окружающей среды с помощью термогигрометра электронного "Center 313" и государственного эталона единицы давления 1-го разряда в диапазоне значений от 100 до 113300 Па.

### Результаты измерений и их обработка

Открытую пористость рассчитывали по уравнению:

$$A = \left[ \frac{V_o - V}{V_o} \right] \cdot 100, \quad (1)$$

где  $V_o$  – среднее значение объема цельного цилиндра,  $\text{см}^3$ ;

$V$  – среднее значение объема цилиндра с отверстием,  $\text{см}^3$ .

Объем цельных цилиндров и цилиндров с отверстиями методом гидростатического взвешивания вычисляли по результатам взвешиваний по формуле:

$$V = (m_1 - m_2) \frac{\left(1 - \frac{\rho_1}{D}\right)}{(\rho_2 - \rho_1)}, \quad (2)$$

где  $m_1$  – масса цилиндра в воздухе, г;

$m_2$  – масса цилиндра в деионизированной воде, г;

$\rho_1$  – плотность окружающего воздуха,  $\text{г/см}^3$ ;

$$\rho_1 = \frac{0,001293 \cdot (P_1 - 0,0038 \cdot H_1 \cdot P_{\text{воды}(1)}^t)}{(1 + 0,00367 \cdot T_1) \cdot 760}, \quad (3)$$

$T_1$  – температура воздуха, °C.

$P_1$  – атмосферное давление, мм рт. ст.;

$H_1$  – относительная влажность воздуха, %;

$P_{\text{воды}(1)}^t$  – упругость паров воды при данной температуре  $T_1$ , °C, мм рт. ст. [2];

$\rho_2$  – плотность деионизированной воды с учетом фактической температуры воды согласно документа IAPWS 95 [1],  $\text{г/см}^3$ ;

$D$  – плотность гири, используемая для калибровки весов, F1 класса точности массой 200 г по ГОСТ OIML R 111–1–2009, составляет от 7,39 до 8,73  $\text{г/см}^3$ ; в расчетах принималась равной 8,0  $\text{г/см}^3$ .

Расчет показателей точности методики измерений и оценка вкладов в неопределенность измерений открытой пористости проводились расчетно-экспериментальным способом по формулам, приведенным ниже:

$$\Delta A = \left[ \frac{100}{V_o} \right] \cdot \Delta(V) + \left[ \frac{100V}{V_o^2} \right] \Delta(V_o), \quad (4)$$

$$\Delta(V) = \frac{tS + S_0 \cdot \sqrt{3} \cdot 1,1}{S + S_0} \sqrt{S_0^2 + S^2}, \quad (5)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_i - \bar{V})^2}{n(n-1)}}, \quad (6)$$

$$S_0 = \frac{1}{\sqrt{3}} \sqrt{\left[ \frac{\left( \frac{\rho_1}{D} - 1 \right)}{(\rho_1 - \rho_2)} \right]^2 \cdot \Delta^2(m_1) + \left[ \frac{\left( \frac{\rho_1}{D} - 1 \right)}{(\rho_1 - \rho_2)} \right]^2 \cdot \Delta^2(m_2) + \left[ \frac{(D - \rho_2)(m_2 - m_1)}{(\rho_1 - \rho_2)^2} \right]^2 \cdot \Delta^2(\rho_1) + \left[ \frac{\left( \frac{\rho_1}{D} - 1 \right)(m_1 - m_2)}{(\rho_1 - \rho_2)^2} \right]^2 \cdot \Delta^2(\rho_2) + \left[ \frac{\rho_1(m_1 - m_2)}{D^2(\rho_1 - \rho_2)} \right]^2 \cdot \Delta^2(D)}, \quad (7)$$

$$U = 2 \sqrt{\left[ \frac{100}{V_o} \right]^2 \cdot u_c^2(V) + \left[ \frac{100V}{V_o^2} \right]^2 \cdot u_c^2(V_o)}, \quad (8)$$

$$u_c(V) = \sqrt{u_A^2 + u_B^2}, \quad (9)$$

$$u_A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_i - \bar{V})^2}{n(n-1)}}, \quad (10)$$

$$u_B = \sqrt{\left[ \left( \frac{\rho_1 - 1}{\rho_1 - \rho_2} \right)^2 \cdot u^2(m_1) + \left( \frac{\rho_1 - 1}{\rho_1 - \rho_2} \right)^2 \cdot u^2(m_2) + \left[ \frac{(D - \rho_2)(m_2 - m_1)}{(\rho_1 - \rho_2)^2} \right]^2 \cdot u^2(\rho_1) + \left[ \frac{\left( \frac{\rho_1}{D} - 1 \right)(m_1 - m_2)}{(\rho_1 - \rho_2)^2} \right]^2 \cdot u^2(\rho_2) + \left[ \frac{\rho_1(m_1 - m_2)}{D^2(\rho_1 - \rho_2)} \right]^2 \cdot u^2(D)} \right]}, \quad (11)$$

где  $t$  – коэффициент Стьюдента при  $P = 0,95$  для соответствующего числа степени свободы;

$\Delta(V)$ ,  $\Delta(V_0)$  – границы абсолютных погрешностей измерений объемов металлических цилиндров до и после высверливания отверстий;

$S$  – среднеквадратическое отклонение среднего результата измерения;

$S_0$  – среднеквадратическое отклонение неисключенной систематической составляющей погрешности результатов измерений;

$\Delta A$  – границы абсолютной погрешности измерений открытой пористости при  $P = 0,95$ ;

$U$  – расширенная неопределенность измерений открытой пористости при  $k = 2$ ;

$u_A$ ,  $u_B$  – стандартные неопределенности измерений открытой пористости типа A и B соответственно.

Результаты измерений, полученные по методике измерений для материала СО первой партии, представлены в табл. 1–4.

После обработки результатов измерений (табл. 1–4) были установлены метрологические характеристики методики измерений, которые представлены в табл. 5.

Таблица 1

Результаты измерений массы ( $m$ ) цельных цилиндров в воздухе, полученные при условиях окружающей среды:  $T = 22,7$  °С,  $\varphi = 20,1$ ,  $P = 99,600$  кПа; плотность окружающего воздуха  $0,001172$  г/см<sup>3</sup>

Индекс СО	$m_1$ , г	$m_2$ , г	$m_3$ , г	$m_4$ , г	$m_5$ , г	Среднее значение массы, г	*СКО, г
ОПТВ-0	168,0812	168,0813	168,0812	168,0812	168,0812	168,0812	4,47E-05
ОПТВ-1	168,1834	168,1833	168,1834	168,1834	168,1834	168,1834	4,47E-05
ОПТВ-2	168,0801	168,0799	168,0799	168,0799	168,0799	168,0799	8,94E-05
ОПТВ-3	168,0881	168,0881	168,0882	168,0881	168,0881	168,0881	4,474E-05
ОПТВ-4	169,7683	169,7684	169,7684	169,7683	169,7684	169,7684	5,47E-05
ОПТВ-5	167,9850	167,9850	167,9849	167,9847	167,9849	167,9849	0,0001

\* СКО – среднее квадратическое отклонение.

Таблица 2

Результаты измерений массы ( $m$ ) цельных цилиндров в воде, полученные при условиях окружающей среды:  $T = 22,7$  °С,  $\varphi = 20,1$  %,  $P = 99,600$  кПа; плотность окружающего воздуха  $0,001172$  г/см<sup>3</sup>; температура деионизированной воды  $20,20$  °С, плотность деионизированной воды  $0,99819$  г/см<sup>3</sup>

Индекс СО	$m_1$ , г	$m_2$ , г	$m_3$ , г	$m_4$ , г	$m_5$ , г	Среднее значение массы, г	СКО, г
ОПТВ-0	146,8946	146,8936	146,8951	146,8962	146,8961	146,8951	0,0011
ОПТВ-1	146,9843	146,9858	146,9857	146,9842	146,9833	146,9847	0,0011
ОПТВ-2	146,8969	146,8948	146,8951	146,8927	146,8943	146,8948	0,0015
ОПТВ-3	146,8881	146,8879	146,8893	146,8895	146,8861	146,8882	0,0014
ОПТВ-4	148,3663	148,3652	148,3652	148,3655	148,3649	148,3654	0,0006
ОПТВ-5	146,8043	146,8037	146,8036	146,8042	146,8005	146,8033	0,0016

Таблица 3

Результаты измерений объема цельных цилиндров ( $V$ ) и характеристики точности измерений

Индекс СО	$V_1, \text{см}^3$	$V_2, \text{см}^3$	$V_3, \text{см}^3$	$V_4, \text{см}^3$	$V_5, \text{см}^3$	Среднее значение объема, $\text{см}^3$	$u_c(V), \text{см}^3$	$\Delta(V), \text{см}^3$
ОПТВ-0	21,2250	21,2261	21,2245	21,2234	21,2235	<b>21,2245</b>	0,0023	0,0032
ОПТВ-1	21,2375	21,2359	21,2361	21,2376	21,2385	<b>21,2371</b>	0,0023	0,0032
ОПТВ-2	21,2216	21,2235	21,2232	21,2256	21,2240	<b>21,2236</b>	0,0023	0,0034
ОПТВ-3	21,2385	21,2387	21,2373	21,2370	21,2405	<b>21,2384</b>	0,0023	0,0034
ОПТВ-4	21,4408	21,4420	21,4420	21,4416	21,4423	<b>21,4417</b>	0,0023	0,0030
ОПТВ-5	21,2192	21,2197	21,2196	21,2190	21,2228	<b>21,2201</b>	0,0023	0,0035

\*  $u_c(V)$  – суммарная стандартная неопределенность измерения объема цилиндров.

Таблица 4

Результаты измерений объема цилиндров с отверстиями и характеристики точности измерений

Индекс СО	$V_1, \text{см}^3$	$V_2, \text{см}^3$	$V_3, \text{см}^3$	$V_4, \text{см}^3$	$V_5, \text{см}^3$	Среднее значение объема, $\text{см}^3$	$u_c(V), \text{см}^3$	$\Delta(V), \text{см}^3$
ОПТВ-0	21,2280	21,2192	21,2199	21,2206	21,2198	21,2215	0,0028	0,0052
ОПТВ-1	20,1444	20,1418	20,1431	20,1423	20,1414	20,1426	0,0022	0,0032
ОПТВ-2	19,1051	19,1041	19,1034	19,1034	19,1026	19,1037	0,0021	0,0029
ОПТВ-3	16,9343	16,9272	16,9250	16,9261	16,9255	16,9276	0,0025	0,0051
ОПТВ-4	15,0058	15,0042	15,0054	15,0017	15,0021	15,0038	0,0019	0,0031
ОПТВ-5	10,4706	10,4717	10,4713	10,4716	10,4734	10,4717	0,0014	0,0021

\*  $u_c(V)$  – суммарная стандартная неопределенность измерения объема цилиндров с отверстиями.

Таблица 5

Метрологические характеристики методики измерений открытой пористости твердых тел методом гидростатического взвешивания

Наименование величины, ед. изм.	Диапазон измерений, %	Показатель точности (границы, в которых находится абсолютная погрешность измерения с вероятностью $P = 0,95$ ), $\pm \square$ , %	Расширенная неопределенность результата измерения, $U(k = 2)$ , %
Открытая пористость, %	от 0 до 60	0,05	0,05

**Исследование однородности СО**

Исследование внутриэкземплярной однородности не проводилось ввиду того, что каждый экземпляр СО используется для проведения измерений целиком. Исследование межэкземплярной однородности для экземпляров СО не было предусмотрено ввиду того, что в рамках эксперимента был предусмотрен выпуск одного комплекта СО, для каждого экземпляра СО устанавливаются значения открытой пористости индивидуально.

**Исследование стабильности СО**

Материал СО (нержавеющая сталь) стабилен во времени при условии отсутствия воздействия агрессивных сред, соблюдения условий хранения и применения. Для СО установлен срок годности 10 лет по аналогии с ГСО 8956–2008 открытой пористости и проницаемости горных пород. Исследования СО в период его разработки в рамках проведения проверки квалификации лабораторий подтверждают стабильность СО.



Таблица 6

Метрологические характеристики ГСО 10583–2015 (партия СО № 1)

Индекс СО	Аттестованное значение открытой пористости, %	Расширенная неопределенность аттестованного значения ( $k = 2$ ), %	Границы абсолютной погрешности аттестованного значения при $P = 0,95$ , %
ОПТВ-1	5,15	0,05	$\pm 0,05$
ОПТВ-2	9,99	0,05	$\pm 0,05$
ОПТВ-3	20,30	0,05	$\pm 0,05$
ОПТВ-4	30,03	0,05	$\pm 0,05$
ОПТВ-5	50,65	0,05	$\pm 0,05$

### Метод и средства измерений, использованные при определении метрологических характеристик СО

Определение метрологических характеристик СО и оформление документации на СО выполнены в соответствии с [2–7]. Метрологические характеристики СО первой партии представлены в табл. 6. В качестве дополнительных сведений в паспорте комплекта СО представлены габаритные размеры СО (табл. 7).

Разработанный комплект ГСО 10583–2015 успешно использован для испытаний в целях утверждения типа средства измерений «Поромер» (№ Госреестра 62233–15), а также для проведения их поверки.

Для оценки пригодности СО для калибровки различных анализаторов газопроницаемости и пористости материалов были проведены измерения в сторонних лабораториях, показана применимость разработанного СО не только для метрологического обеспечения анализатора пористости «Поромер», но и для анализатора пористости и газопроницаемости горных пород АР 608 (Госреестр № 45259–10), анализатора газопроницаемости и пористости ПИК-ПП (Госреестр № 53157–13). Проведенные исследования показали, что разработанный комплект ГСО 10583–2015 может быть применен для поверки и калибровки анализаторов, имеющих аналогичную конструкцию. Также разработанный ГСО 1058–2015 был успешно применен при проведении проверки квалификации лабораторий в 2015 году по программе проверки квалификации ПКЛ-ОП-2015/1.

### Заключение

В результате проведенных исследований создан комплект ГСО 10583–2015 открытой пористости твердых веществ, материалов (ОПТВ СО УНИИМ), который включает один цельный цилиндр и пять полых цилиндров внешним диаметром 30 мм и высотой 30 мм.

Таблица 7

Габаритные размеры стандартных образцов из комплекта ГСО 10583–2015 (партия №1)

Индекс СО	Длина, мм	Диаметр, мм
ОПТВ-0	30,05	30,00
ОПТВ-1	30,02	30,00
ОПТВ-2	30,02	30,00
ОПТВ-3	30,10	30,00
ОПТВ-4	30,10	30,17
ОПТВ-5	30,00	30,03

Материалом стандартных образцов является нержавеющая сталь марки 12Х18Н10Т по ГОСТ 5632–72. На каждом экземпляре выгравирован индекс СО. Комплект стандартных образцов упакован в деревянный футляр с этикеткой. Срок годности СО – 10 лет.

СО предназначены для калибровки средств измерений открытой пористости твердых веществ и материалов и других видов метрологического контроля. СО могут быть использованы для поверки и испытаний в целях утверждения типа средств измерений открытой пористости твердых веществ и материалов при соответствии метрологических характеристик СО установленным требованиям.

Прослеживаемость аттестованных значений комплекта СО установлена:

– к единице массы посредством применения весов лабораторных электронных CPA225D “Sartorius” I (специального) класса точности (№ Госреестра 37170–08), поверенных через неразрывную цепь поверок, в соответствии с ГОСТ 8.021–2005 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений массы»;

- к единице температуры посредством применения государственного эталона единицы температуры 1-го разряда, аттестованного в диапазоне от  $-10$  до  $60$  °C (№ 3.1.ZZC.0146.2013);
- к единице давления посредством применения государственного эталона единицы давления, аттестованного в диапазоне от  $100$  до  $133\,300$  Па (№ 3.1.ZZC.0039.2014).

### Благодарность

Глубокую благодарность за обсуждения результатов исследований в рамках разработки комплекта ГСО 10583–2015 выражаю заместителю генерального директора ООО «ЭкогеосПром» Андрею Александровичу Гнедову, инженеру-метрологу ООО «ЭкогеосПром» Артему Викторовичу Образцову.

### ЛИТЕРАТУРА

1. IAPWS 95 The International association for the Properties of Water and Steam Doorwerth, The Netherlands September 2009 Revised Release on the IAPWS Formulation 1995 for the Thermodynamic Properties of Ordinary Water Substance for General and Scientific Use [сайт]. URL: [www.iapws.org/relguide/IAPWS95-Rev.pdf](http://www.iapws.org/relguide/IAPWS95-Rev.pdf).
2. Гороновский И.Т., Назаренко Ю.П., Некряч Е.Ф. Краткий справочник по химии. 5-е изд., испр. и доп. Киев: Наукова думка, 1987. 833 с.
3. ГОСТ Р 8.694–2010 ГСИ. Стандартные образцы материалов (веществ). Общие и статистические принципы определения метрологических характеристик (Руководство ISO 35:2006, MOD). М.: Стандартинформ, 2012. 78 с.
4. РМГ 93–2009 ГСИ. Оценивание метрологических характеристик стандартных образцов. М.: Стандартинформ, 2011. 30 с.
5. Р 50.2.058–2007 ГСИ. Оценивание неопределенностей аттестованных значений стандартных образцов. М.: Стандартинформ, 2008. 31 с.
6. ГОСТ Р 54500.1–2011 / Руководство ИСО/МЭК 98–1:2009 Неопределенность измерения. Ч. 1. Введение в руководства по неопределенности измерения. М.: Стандартинформ, 2012. 24 с.
7. МИ 3300–2010 ГСИ. Рекомендации по подготовке, оформлению и рассмотрению материалов испытаний стандартных образцов в целях утверждения типа. Екатеринбург: УНИИМ, 2010. 48 с.

The article is received 22.12.2015

The article is corrected 14.06.2016

DOI 10.20915/2077-1177-2016-0-2-36-43

УДК: 543.08

## DEVELOPMENT OF CERTIFIED REFERENCE MATERIALS SET FOR OPENED POROSITY OF SOLID SUBSTANCES AND MATERIALS (IMITATORS)

E.P. Sobina

Ural Research Institute for Metrology (UNIIM)  
ulitsa Krasnoarmejskaia, 4, Ekaterinburg, 620000, Russian Federation  
E-mail: [sobina\\_egor@uniim.ru](mailto:sobina_egor@uniim.ru)

*The article deals with data of research for development of certified reference materials set for opened porosity of solid substances and materials (imitators) (OPTB SO UNIIM Set) Certified Reference Materials GSO 10583–2015. The certified values of opened porosity of metal cylinders were established by the method of hydrostatic weighing before and after boring of holes in.*

*The certified reference materials are intended for calibration and verification of measuring instruments of opened porosity, based on the Boyle – Mariotte's law.*

**Keywords:** opened porosity, reference material, hydrostatic weighing.

- ✓ **When quoting reference:** Sobina E.P. Issledovanie struktury i razrabotka komplekta standartnykh obraztsov struktury i razrabotka komplekta standartnykh obraztsov otkrytoj poristosti tverdykh veshchestv, materialov (imitatorov) [Development of certified reference materials set for opened porosity of solid substances and materials (imitators)]. *Standartnye obrazcy – Reference materials*, 2016, No. 2, pp. 36–43. (In Russian). DOI 10.20915/2077-1177-2016-0-2-36-43.

## REFERENCE

1. IAPWS 95 The International association for the Properties of Water and Steam Doorwerth, The Netherlands September 2009 Revised Release on the IAPWS Formulation 1995 for the Thermodynamic Properties of Ordinary Water Substance for General and Scientific Use. Available at: <http://www.iapws.org/relguide/IAPWS95-Rev.pdf>.
2. Goronovskii I.T., Nazarenko Iu.P., Nekriach E.F. *Kratkij spravochnik po khimii* [Short Chemistry Reference]. Kiev, Naukova dumka Publ., 1987, 833 p. (In Russian).
3. GOST R 8.694–2010 (Rukovodstvo ISO 35:2006, MOD) GSI. Standartnye obraztsy materialov (veshchestv). Obshchie i statisticheskie printsipy opredeleniia metrologicheskikh kharakteristik [State system for ensuring the uniformity of measurements. Standard reference materials (substances). General statistical principles of determination of metrological characteristics]. Moscow, Standartinform Publ., 2012, 78 p. (In Russian).
4. RMG 93–2009 GSI. Otsenivanie metrologicheskikh kharakteristik standartnykh obraztsov [State system for ensuring the uniformity of measurements. Estimation of metrological characteristics of reference materials]. Moscow, Standartinform Publ., 2011, 30 p. (In Russian).
5. R 50.2.058–2007 GSI. Otsenivanie neopredelennostei attestovannykh znachenij standartnykh obraztsov [State system for ensuring the uniformity of measurements. Uncertainty estimation of certified values of reference materials]. Moscow, Standartinform Publ., 2008, 31 p. (In Russian).
6. GOST R 54500.1–2011/ ISO/IEC Guide 98-1:2009 Uncertainty of measurement. Part 1: Introduction to the expression of uncertainty in measurement (IDT). Moscow, Standartinform Publ., 2012, 24 p. (In Russian).
7. MI 3300–2010 GSI. Rekomendatsii po podgotovke, oformleniiu i rassmotreniiu materialov ispytaniy standartnykh obraztsov v tseliakh utverzheniia tipa [State system for ensuring the uniformity of measurements. Recommendations for preparation, execution and consideration of reference materials test documents for the purposes of type approval]. Ekaterinburg, UNIIM, 2010, 48 p. (In Russian).